

5. ПРО КОЕФІЦІЄНТ МАСОПРОВІДНОСТІ БУРЯКОВОЇ СТРУЖКИ

Д.Є. Сінат-Радченко, М.М. Пушанко, С.М. Василенко, М.О. Масліков
Український державний університет харчових технологій

Процес екстракції цукру з бурякової стружки (капілярно-пористого колоїдного тіла) — складний і важко піддається математичному опису. Коефіцієнт масопровідності (утрудненої дифузії) в системах з твердою фазою k_m — це коефіцієнт пропорційності між потоком речовини і градієнтом її концентрації. На відміну від коефіцієнта молекулярної дифузії D він залежить від структури пористого тіла, енергетичного стану поверхні пор, взаємодії молекул речовини і твердого тіла

$$k_m = DP\epsilon_1 = D \cdot \epsilon_c \cdot \epsilon_s \cdot \epsilon_1 \cdot \epsilon_r.$$

Коефіцієнт молекулярної дифузії цукрози у водяному розчині для інтервалу температур $t = 50 \dots 80$ °C (абсолютна температура $T = t + 273,15$, K) і вмісту цукрози $\Pi_k = 0 \dots 25\%$

$$D = \exp\left[3,13 \cdot 10^{-2} \Pi_k - 14,711 - (1985,2 + 15,354 \Pi_k) / T\right]$$

Наприклад, при 70 °C і $\Pi_k = 20\%$ одержимо $D = 9,59 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$.

Поправка на чистоту клітинного соку така ж, як і для сиропів бурякоцукрового виробництва $\epsilon_c = (0,01\text{ч})^{0,042\text{цк}}$. Наприклад, при $\text{ч}=90\%$ і $\text{цк}=20\%$ одержимо $\epsilon_c = 0,915$.

На поправку, що характеризує структуру стружки, впливають сорт і стиглість буряку, якість роботи ошпарювача і т.ін. За експериментальними даними ϵ_s близько 0,75.

За нашими прикладами на початку екстракції

$k_m = 9,59 \cdot 10^{-10} \cdot 0,915 \cdot 0,75 = 6,58 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$. Таке значення експериментально одержане К.Ф. Дроновим.

Залежність k_m від довжини l ста грамів початкової маси бурякової стружки не лінійна. Якщо за

точку відліку взяти стружку довжиною 10 м, то $\epsilon_1 = \sqrt{2,3 - 1,3 \lg l}$. При довжинах стружки, наприклад, 8 і 16 м одержимо значення ϵ_1 відповідно 1,061 та 0,857.

Поправка на тривалість процесу екстракції (τ , с) $\epsilon_r = 1 - b \ln \tau$, а інтегральне середнє значення її за розглядуваний період $\bar{\epsilon}_r = 1 - b(\ln \tau - 1)$. Величина коефіцієнта b залежить як від якості буряку, так і від конструктивних особливостей і режиму роботи дифузійної установки. Для орієнтовних підрахунків можна взяти $b=0,0916$. Тоді, наприклад, через годину, тобто 3600 с, величина коефіцієнта масопровідності буде менша за початкову учетверо $\epsilon_r = 0,25$, а $\bar{\epsilon}_r = 0,342$.

Оптимальними формами перерізу стружки є ромбоподібна і квадратна. Вони забезпечують рівномірність знецукрювання стружки і достатній опір згинанню частинок при різній якості буряку. На бурякорізках пошкоджується 15...40% клітин. Через зминання і тріщини геометрична і реальна поверхні стружки можуть відрізнитися. Цукроза і нецукри вимиваються з механічно пошкоджених клітин в ошпарювачі.

Тепло найчастіше передається від гарячого соку до стружки. За рахунок термодифузії цукроза намагається рухатися в напрямі потоку тепла, тобто в стружку. Але інтенсивність термодифузії при звичайних градієнтах температур на два порядки нижча за молекулярну дифузію, і термодифузії можна знехтувати.

РОЗРОБЛЕННЯ І ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГООЩАДНОГО ОБЛАДНАННЯ ТА СИСТЕМ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ПІДПРИЄМСТВ ХАРЧОВОЇ І ПЕРЕРОБНОЇ ГАЛУЗЕЙ АПК

За час екстракції (після ошпарювача і до кінця перебування в дифузійній установці) стружка поступово зменшується в об'ємі, втрачає пружність, розм'якшується і зминається; заглиблюється зона і зростає довжина шляху дифузії; частково перекривається зовнішня поверхня стружки і утруднюється рух соку біля неї. Втрати цукру в жомі становлять 0,3...0,4%.

При розрахунках масопровідності часто використовують критеріальні рівняння, в які входять дифузійні критерії Біо і Фур'є. Щоб скористатись відомими аналітичними розв'язками, які є тільки для твердих тіл найпростішої форми, В.М. Лисянський і ін. рекомендують приймати форму частинок бурякової стружки у вигляді нескінченного циліндра.

Н.С. Карпович визначив приведений радіус поперечного перерізу стружки $R = \sqrt{F/\pi}$ (F — площа поперечного перерізу стружки) в припущенні, що відсутні мезга і брак (їх звичайно близько 7,5%, вони обумовлюють меншу довжину стружки l) і склав таблицю значень R для $l = 3...21$ м.

Для цього інтервалу довжини стружки з граничною відносною похибкою близько 5% $10^3 R = 3,036 \cdot 10^{-3} \ln^2 l - 0,73515 \ln l + 3,414$.

При зворотному переході

$$l = \exp(121,08 - 18,1494 \sqrt{41,0919 + 10^3 R}).$$

Наприклад, при $l = 10$ м одержимо $R = 1,737 \cdot 10^{-3}$ м (табл. 1,7543 $\cdot 10^{-3}$ м) і навпаки. Із збільшенням R (зменшенням l) зростає величина коефіцієнта масовіддачі (v , м/с) від зовнішньої поверхні стружки.

При однаковому вмісті сухих речовин (CP , %), однакової масі і густині тканини стружки (Q , кг/м³), об'єм стружки (V , м³) є сталою величиною, як і величина $V/p = R^2 l = A$.

При середньому для буряку $CP = 25\%$ і 70°C густина $Q = 1079$ кг/м³ і $A = 100 \cdot 10^{-3} / (1079/p) = 2,95 \cdot 10^{-5}$ м³. За таблицею Н.С. Карповича A близьке до цього значення при $l = 6...14$ м. Наприклад, при $l = 10$ м одержимо

$R = \sqrt{A/l} = \sqrt{2,95 \cdot 10^{-5} / 10} = 1,718 \cdot 10^{-3}$ м. В процесі екстракції густина тканини стружки трохи зменшується, а величина A дещо зростає.

Узагальнення матеріалів багатьох наукових досліджень роботи дифузійних установок дозволило запропонувати формули оцінки впливу шести важливих технологічних факторів (вміст цукрози і чистота клітинного соку, температура, структура стружки і довжина 100 г її, час процесу екстракції) на коефіцієнт масопровідності бурякової стружки, що полегшить і зробить більш точними інженерні розрахунки.